

Rec'd PCT/PTO 12 JAN 2005
PCT/JP 03/08858

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

11.07.03

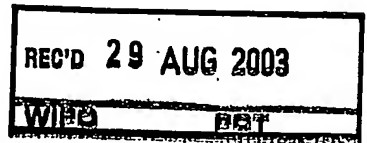
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 7 月 1 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 0 4 7 8 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 0 4 7 8 1]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 会 社
Applicant(s):

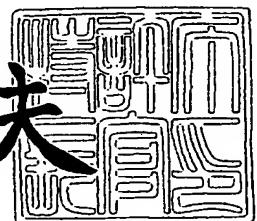


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 8 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 540315JP01

【提出日】 平成14年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/42
G02B 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 酒井 清秀

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803092

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 受光素子モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、

前記光ファイバから射出される信号光を集光するレンズと、

前記レンズによって集光された信号光を反射させる 2 次曲面の反射面を有する反射鏡と、

前記反射鏡によって反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、

を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。

【請求項 2】 前記反射鏡によって前記レンズの光軸上に形成される前記受光素子の受光面の虚像に対して、前記レンズにより前記光ファイバにおける信号光の射出点の実像が結像することを特徴とする請求項 1 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 3】 前記反射鏡は、放物面鏡であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 4】 前記レンズで集光される信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に入射し、

前記反射面では、前記反射面の中心から略半径分オフセットした位置で、入射される前記信号光を反射することを特徴とする請求項 3 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 5】 前記レンズで集光される信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に入射し、

前記反射面では、入射される信号光を略直角に屈曲させて反射させることを特徴とする請求項 3 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 6】 前記反射鏡は、双曲面鏡であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 7】 前記レンズは、球レンズであることを特徴とする請求項 1 ～

6のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項8】 前記受光素子と同一平面上に近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプを備えたことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項9】 前記反射鏡は、プラスチックモールドで形成されたことを特徴とする請求項1～8のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項10】 前記光ファイバの光軸を、当該光軸方向および当該光軸に直角な2方向の3軸方向の調整を行うことを特徴とする請求項1～9のいずれか1つに記載の受光素子モジュール

【請求項11】 前記レンズの部分系の倍率を1倍以上3倍以下とし、
前記反射鏡の部分系の倍率を1/6倍以上1倍以下とし、
前記レンズおよび前記反射鏡からなる光学系全体の倍率を0.5倍以上1倍以下としたことを特徴とする請求項1～10のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項12】 前記反射鏡の曲率半径あるいは焦点距離が1mm以下であることを特徴とする請求項1～11のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項13】 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、

信号ピンを貫通するステムと、
前記ステムに対して垂直方向に固定される台座と、
光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、
前記光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、

前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、

前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、

前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気

信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、
を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。

【請求項14】 光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、

信号ピンを貫通するステムと、

前記ステムに対して垂直方向に固定された台座と、

第1の光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、

前記第1の光貫通孔を覆う窓部材と、

第2の光貫通孔を有し、前記キャップ部材に固定されるレンズ保持部材と、

前記第2の光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、

前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、

前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、

前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、

を備えたことを特徴とする受光素子モジュール。

【請求項15】 グランドが前記トランスインピーダンスのグランドと電気的に接続された容量を備え、

前記受光素子、前記トランスインピーダンスアンプおよび前記容量がほぼ同一平面に配置されたことを特徴とする請求項8～14のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【請求項16】 上面に前記受光素子を載置し、裏面を前記台座のグランド面に接続する容量を備えたことを特徴とする請求項13～14のいずれか1つに記載の受光素子モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホトダイオードなどの半導体受光素子が搭載される受光素子モジュールに関し、さらに詳しくは、光ファイバが付属した同軸型の受光素子モジュールや、光ファイバを接続するためのレセプタクル型アダプタ付きの受光素子モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、光ファイバを介して光信号を伝送する光通信システムにおいては、インターネットの普及に伴う通信トラフィックの増大に応えるため、光信号の伝送速度の高速化が目覚しく、伝送速度が2.5Gb/sから10Gb/sへと移行しつつあり、現在、40Gb/sの伝送速度の実現に向けて研究開発が進められている。これに伴ない、光送受信器の扱う信号の伝送速度についても、高速化が要求されている。

【0003】

光送受信器は、送信するデータ信号を電気信号から光信号に変換し、送信用の光ファイバを介して光信号を送信するとともに、受信用の光ファイバを介して光信号を受信し、受信した光信号を電気信号として再生するものである。

【0004】

この種の光受信器に用いられる受光素子モジュールとしては、例えば、特許公報第2907203号公報の技術が公知である。上記特許公報では、受光素子を収納して当該受光素子を搭載する搭載面を有する箱型のハウジングと、当該箱型のハウジングの側壁から所定方向に沿って伸び、かつ、光ファイバの先端に取り付けられたフェルールを収納した状態で支持するスリーブと、箱型のハウジングに収納され、光ファイバと受光素子とを光学的に結合するための楕円面反射鏡と、当該楕円面反射鏡を箱型のハウジング内の搭載面から所定距離離間させた状態で箱型のハウジング内の所定位置に保持するための支持構造を設けた光モジュールが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許公報の技術にあつては、楕円面反射鏡を使用している

ので、光ファイバと受光素子を最適に配置するためには反射鏡の焦点距離を長くする必要があり、そのために、受光素子モジュールを小型化することができないという問題があった。また、反射鏡の反射点と受光素子の間隔が広いこと、焦点距離が長いことから、環境温度により反射鏡の材料の熱膨張が発生し、結果として像点位置の変化が大きくなるため、これを防止するために特許公報第2907203号公報に示される像点位置の補償手段が必要となり、構造が複雑になる問題があった。さらに、反射鏡の形状が楕円面であるためプラスチックモールドに使用する鏡面の成形型の作成に鏡面フライス盤を使用する必要があり、面精度を確保するのが困難であるなどの問題があった。

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、像点位置の温度補償手段などの複雑な構造を必要としない簡単な構造で、かつ小型化が可能な受光素子モジュールを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明にかかる受光素子モジュールは、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、前記光ファイバから射出された前記信号光を集光するレンズと、前記レンズによって集光された前記信号光を反射させる2次曲面の反射面を有する反射鏡と、前記反射鏡によって反射された前記信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、を備えたことを特徴とする。

【0008】

また、前記反射鏡は、放物面鏡であっても良い。

【0009】

また、前記レンズで集光される前記信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反射面に入射し、前記反射面では、前記反射面の中心から略半径分オフセットした位置で、入射される前記信号光を反射するようにしても良い。

【0010】

また、前記レンズで集光される前記信号光は前記反射面の軸に略平行に前記反

射面に入射し、前記反射面では、入射される前記信号光を略直角に屈曲させて反射することにしても良い。

【0011】

また、前記反射鏡は、双曲面鏡であっても良い。

【0012】

また、前記レンズは、球レンズであっても良い。

【0013】

また、前記受光素子と同一平面上に近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプをさらに備えていても良い。

【0014】

また、前記反射鏡は、プラスチックモールドで形成されたものに、反射面を設けたものであっても良い。

【0015】

また、前記光ファイバは、前記光ファイバと前記レンズとが成す光軸に対し、当該光軸方向および当該光軸に直角な2方向の3軸方向の調整を行っても良い。

【0016】

また、つぎの発明は、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、信号ピンを貫通するステムと、前記ステムに対して垂直方向に固定される台座と、光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、前記光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、を備えたことを特徴とする。

【0017】

また、つぎの発明は、光ファイバから射出される信号光を受光する受光素子モジュールにおいて、信号ピンを貫通するステムと、前記ステムに対して垂直方向

に固定された台座と、第1の光貫通孔を有し、前記ステムに固定されるキャップ部材と、前記第1の光貫通孔を覆う窓部材と、第2の光貫通孔を有し、前記キャップ部材に固定されるレンズ保持部材と、前記第2の光貫通孔に挿入され、前記光ファイバから射出される信号光を集光する球レンズと、前記台座上に配され、前記球レンズで集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡と、前記台座上に配され、前記放物面鏡で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子と、前記台座上に前記受光素子と近接して配され、前記受光素子で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプと、を備えたことを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明にかかる受光素子モジュールの好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0019】

実施の形態1.

図1～図11を参照して、この発明の実施の形態1の受光素子モジュールについて説明する。この実施の形態1の受光素子モジュールは、安価なキャンパッケージ型のモジュール形態を採用しており、パッケージ内には受光素子としてホトダイオードが内蔵されている。また、本明細書では、受光素子モジュールとは、密閉用のキャップ（蓋）がないものも含めた総称とする。

【0020】

図1は、受光素子モジュール3の外観構成を示している。同図に示す如く、受光素子モジュール3は、キャップ部材13とステム10を備えたキャンパッケージ1と、光ファイバ20が接続されたフェルール21が挿入されるレセプタクル2とから構成されている。通常、ステム10は直径6mm以下である。

【0021】

図2は、図1の受光素子モジュール3の受光原理を説明するために受光素子モジュール3の垂直断面図を模式的に示している。図2は、後述する図8の構造を簡略化して模式的に示したもので、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡

易化して図示している。

【0022】

受光素子モジュール3は、図2に示す如く、信号ピン40（信号ピン41aおよび41b、グランドピン42aおよび42b、電圧供給ピン43aおよび43bに対応）を貫通するステム10と、ステム10に対して垂直方向に固定される台座11と、光貫通孔14を有し、ステム10に固定されるキャップ部材13と、光貫通孔14に挿入され、光ファイバ20から射出される信号光を集光する球レンズ12を有している。また、台座11上に配され、球レンズ12で集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡16と、台座11上に配され、放物面鏡16で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子18と、台座11上に受光素子18と近接して配され、受光素子18で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプ19等を備えている。受光素子18として、この実施の形態ではホトダイオードを用いている。

【0023】

ステム10には、信号ピン40が誘電体60（誘電体61、63a、63bに対応）を介して貫通され、台座11とキャップ部材13がステム10に対して垂直方向に固定されている。この台座11には、受光素子18、放物面鏡16、およびトランスインピーダンスアンプ19が近接させて載置されている。キャップ部材13には、球レンズ12を挿入するための光貫通孔14が形成されており、球レンズ12はキャップ部材13の光貫通孔14に挿入され、内部の密封構造が達成される。球レンズ12は、例えば、安価なBK7（屈折率1.51、ショット社の商品名）で構成することができる。また、キャップ部材13には、フェルール21を挿入するための挿入孔22が形成されているレセプタクル2が固定されている。上記放物面鏡16は、反射面16aを有しており、その放物面（反射面）の回転対称軸から略半径分オフセットした位置に球レンズ12で集光された信号光が入射するように配置されている。なお、ここでいう、半径とは後述する放物面の曲率半径を意味している。

【0024】

つぎに、光ファイバ20から出射される信号光の伝達経路を説明する。光ファ

イバ20から出射される信号光は、球レンズ12に入射する。球レンズ12は、入射する信号光を集光する。球レンズ12で集光された信号光の主光線は、放物面鏡16の反射面16aの回転対称軸に略平行に反射面16aに入射する。放物面鏡16の反射面16aでは、入射される信号光が略直角に屈曲されて反射され、受光素子18に入射する。放物面鏡16の特性によりこの反射で信号光は集光される。受光素子18は、入射する信号光を電気信号に変換して、トランスインピーダンスアンプ19に出力する。トランスインピーダンスアンプ19では、受光素子18から入力される電気信号が増幅された後、信号ピン40から外部の上位システムに出力される。このように、本発明の受光素子モジュールでは、球レンズ12と放物面鏡16で2段階の集光が行われる。

【0025】

ここで、光ファイバ20、球レンズ12、放物面鏡16、受光素子18の配置について、簡単に説明する。まず、放物面鏡16によって、光ファイバから射出される信号光の光軸上に受光素子の受光面（PD（Photo Detector）受光面）の虚像が形成される。一方、光ファイバの信号光が射出される個所（以下、射出点）が物点に配置されており、球レンズによって光ファイバの射出点が信号光の光軸上に実像が結像される。その際、受光面の虚像の位置に対して光ファイバの射出点の実像の位置が結像されるように光ファイバ20、球レンズ12、放物面鏡16、受光素子18が配置されている。即ち、反射鏡で受光素子の受光面をレンズの光軸上に虚像を成し、物点に配置された光ファイバの発光点がレンズを介して虚像位置に見える受光素子の受光面の虚像に対し結像するようになっている。尚、反射鏡で受光素子の受光面を拡大してレンズの光軸上に実像を成し、物点に配置された光ファイバの発光点が、レンズを介して、実像位置に見える受光素子の受光面の像に対し結像するようにしても良い。

【0026】

つぎに、図3～図7を参照して、上記球レンズ12および放物面鏡16の具体的な設計例について説明する。まず、球レンズ12の倍率について図3～図5を用いて説明する。図3は、ガウスビームの広がりの説明するための図、図4および図5は、各種記号を説明するための図を示している。

【0027】

物点に配置され、波長 λ の光を出射するスポット径 ω_1 の光ファイバが、横倍率 m の理想レンズを介して、近軸像点から z だけデフォーカスした像面で結像する像のスポット径 ω_2 は、下式(1)で表すことができる。

【0028】

【数1】

$$\omega_2(z) = m\omega_1 \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda z}{\pi(m\omega_1)^2} \right)^2} \quad \dots (1)$$

【0029】

図3は、上記式(1)を利用して、波長 $1.3 \mu\text{m}$ 、スポット径 $5 \mu\text{m}$ の光ファイバが、横倍率 $0.5 \sim 1$ 倍の理想レンズを介して、近軸像点からデフォーカス $60 \mu\text{m}$ 間の像面におけるスポット径を $10 \mu\text{m}$ 毎に示したものである。ガウスビームは、スポット径($1/e^2$ の光強度)の 1.5 倍程度で 2% 程度の損失となるため、例えば、 10Gb/s の光伝送に使用される半径 $10 \mu\text{m}$ の受光素子に対してはスポット径 $7.5 \mu\text{m}$ 以下が好適な条件となる。なお、図3における凡例は(横倍率、デフォーカス量(mm))を意味している。即ち、例えば、 $\omega_2(m, 60 \times 10^{-3})$ は、横倍率が m 倍でデフォーカス量が $60 \mu\text{m}$ のときのスポット径(ω_2)を意味している。

【0030】

図3より、例えば受光素子の厚み公差 $\pm 30 \mu\text{m}$ を考えた場合は、横倍率 0.7 倍が最適となること、および光軸ずれの大きい光学系(例えば、デフォーカス量が $60 \mu\text{m}$ の)では横倍率 1 付近が良いこと等が分かる。実際には、光学系の収差による像ボケと組立て公差を考慮して、光学系全体の横倍率は 0.5 から 1 倍とされる。

【0031】

つぎに、レンズ12と放物面鏡16とによる光学系を図4について説明する。図4において、レンズ12は焦点距離 f_1 の理想レンズ120とし、放物面鏡16は回転対称軸 z 付近の曲率半径 r の放物面16となる反射面16aを有するも

のとする。放物面 16 は、光軸と垂直な軸 y に対し $z = y^2 / (2 \times r)$ の放物面であり、前記レンズの主光線が回転対称軸から高さ h の位置（点 R）に入射して反射されている。ここで、物点が光軸から δ ずれて発生する主光線の傾きを u とし、 $u = 0$ の時に反射した光線と回転対称軸との交点を点 Q、反射した光線と y 軸のなす角を θ 、角度 u の時に点 Q が δ' ずれた位置を点 Q' としている。ここで、近軸かつ共軸の光学系にならって、図 4 の光学系で倍率を仮に $\gamma = \delta' / \delta$ と定義する。

【0032】

【数 2】

図 4 より $\delta = f_1 \tan u$ 、 $RQ' = \frac{h}{\cos \theta}$ より $\delta' = RQ' \cdot \frac{\sin u}{\cos \theta} = \frac{h \sin u}{\cos^2 \theta}$ となるので、
倍率は下式で与えられる。

$$\gamma = \frac{h \sin u}{f_1 \tan u} \frac{1}{\cos^2 \theta} = \frac{h}{f_1} \frac{1}{\cos^2 \theta} \quad \dots(2)$$

ここで、角度 θ は放物面は $z = \frac{y^2}{2r}$ なので $\tan \theta = \frac{\frac{r}{2} - \frac{h^2}{2r}}{h}$ から求められる。

【0033】

上記式 (2) より、倍率 γ は放物面 16 に入射する位置 h の影響を受けることが分かる。まず、このような使用方法をする場合、放物面鏡 16 は収差低減のため、 $h \approx r$ 付近で使用すれば良く、焦点距離を仮に $f_2 = r$ 、主面位置を主光線が反射鏡に入射する R 点を含む平面と考えることができる。

【0034】

つぎに、放物面鏡 16 で構成する光学系の部分系を図 5 について説明する。この放物面鏡 16 を仮に焦点距離 f_2 の理想レンズ 162 と考え、受光素子の受光面にできるスポット径を $\omega_p d$ 、主面との間隔を d_0 、虚像のスポット径を $\omega_p d'$ 、主面との間隔を d_1 （虚像であり負の数となる）とすると、この部分系の横倍率 m_2 と d_1 は次式で表すことができる。

【0035】

【数 3】

$$m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 C^2 + D^2}} \quad \dots (3)$$

【0036】

【数 4】

$$d_2 = \frac{-\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 \left(1 - \frac{d_1}{f_1}\right) C - \left(d_0 + d_1 - \frac{d_0 d_1}{f_1 f_2}\right) D}{\left(\frac{\pi\omega_1^2}{\lambda}\right)^2 C^2 + D^2} \quad \dots (4)$$

【0037】

図6 (A) は半径 r が 0.55 mm から 0.95 mm の放物面を有する放物面鏡 16 に対して、主面と受光素子 18 の受光面 (PD 受光面) 18a との間隔を示す距離 d_0 に対する部分系の横倍率 m_2 を示したものである。また、図6 (B) は半径 r が 0.55 mm から 0.95 mm の放物面 16 の反射鏡に対して、距離 d_0 に対する虚像位置 d_1 を示したものである。なお、図6 の各図における凡例は (放物面鏡 16 の放物面の半径 (mm)、主面と受光素子 18 の受光面 (PD 受光面) 18a との間隔 (mm)) を意味している。即ち、例えば、 m_2 (0.55, d_0) は、半径が 0.55 mm で主面と PD 受光面の間隔が d_0 のときの横倍率 (m_2) を意味している。

【0038】

例えば、簡単のためこの光学系全体の横倍率を 1 倍とし、レンズによる部分系の横倍率を 2 倍、放物面 16 の反射鏡による部分系の横倍率を 0.5 倍とすれば、図5 より点 R (主面) と PD 受光面 18a との距離は、放物面 16 の反射鏡の半径 r が 0.55 mm から 0.95 mm に対して、0.28 mm から 0.48 mm となり、受光素子 18 の配線に使用されるワイアボンドの立上り部分の高さを許容するのに好適となり、ワイアボンドと放物面鏡 16 の反射鏡面との接触を防止することができる。

【0039】

つぎに、球レンズ 1 2 の部分系について説明する。光ファイバ 2 0 からの出射光が入射する第 1 レンズは半径 R 、屈折率 n の球レンズ 1 2 であり、その焦点距離 $f_1 = R / (2(n - 1))$ となる。図 2 の光線追跡は $NA 0.2$ の範囲を $NA 0.04$ 刻みに 11 本の光線で追跡した図であり、 $NA 0.16$ の光線と $NA 0.2$ の光線が交差している。このように、球レンズ 1 2 は安価であるが、球面収差が大きくレンズパワー（屈折力）の配分を多くする収差が増加するので、ここではレンズの部分系の横倍率を 2 倍とし、放物面鏡 1 6 にもパワーを配分して収差を抑えている。なお、波長 $1.3 \mu m$ 、スポット径 $5 \mu m$ の光ファイバの NA は $1/e^2$ 強度で 0.1 であり、 $NA 0.15$ ではほぼ 98% の光強度分布があるので、この程度の収差配分であれば像のボケは非常に小さくなる。

【0040】

なお、例えば、放物面鏡 1 6 の反射鏡を平面としてレンズ 1 枚の有限系で収束させた場合、好適な横倍率 0.8 から 0.9 倍程度としても受光半径 $10 \mu m$ に対する蹴られ損失は 5% 程度と大きくなることから、レンズの部分系の横倍率は 1 倍以上が好適となる。

【0041】

つぎに、放物面反射鏡の構成について説明する。図 2 に示す光学系における非球面反射鏡の無収差条件が得られるのは双曲面反射鏡であり、コリメート光線を収束させる時に無収差条件となるのが放物面反射鏡（放物面鏡 1 6）である。しかし、放物面反射鏡は回転対称軸と光軸とが平行である利点があり、楕円面や双曲面を製作する鏡面フライス盤よりも切削精度の高い鏡面旋盤でモールド型が製作できる利点、並びにこのモールド型に回転対称軸があるため直交方向に壁面のある成形型の型組みが容易であるなどの利点がある。

【0042】

つぎに、放物面反射鏡（放物面鏡 1 6）の製造に好適なプラスチックの熱膨張係数 α は 5.6×10^{-5} であり、例えば半径 r が $0.85 mm$ の放物面反射鏡を横倍率 0.5 倍で使用する場合、反射点（図 4 の R 点）と受光素子 1 8 の受光面（PD 受光面）1 8 a との間隔が $450 \mu m$ であり、受光素子 1 8 の厚みが $150 \mu m$ 、セラミックからなる受光素子用基板（チップキャリア）1 7 の厚みが 1

45 μm とすると、環境温度が25℃から85℃に変化した時、反射鏡の底面から反射点(R点)の移動量は略2.5 μm となる。一方、焦点距離も2.8 μm の変動するが、例えば放物面反射鏡の部分系の縦倍率は約0.25倍程度になるので影響は少ない。同様にして、半径1mm以下、放物面反射鏡の部分系の横倍率が1倍以下であれば、像点の温度変動に伴う像のボケは小さく、特許公報第2907203号公報に示される像点位置の複雑な構造の像点補償手段を配することなく、簡単な構造で好適なものが得られる。

【0043】

以上の光学系の利点につき、図7(A)と図7(B)でさらに説明する。図2に示す通りレンズ12はキャップ13に取付けられており、このキャップ13はステム10にプロジェクション溶接などの方法で気密構造を成して溶接される。しかし、この溶接工程は比較的に位置精度の確保が難しい。しかるに、例えば、図7(A)に示すように、放物面反射鏡16の反射点Rとレンズ12の中心軸が距離 Δ ずれて溶接された場合、光ファイバ20、またはレセプタクル2の調整固定工程において、レンズの部分系の横倍率を m_1 として、レンズ12の中心と光ファイバ20とを Δ/m_1 だけ移動させ、またレンズ主面と光ファイバ20の間隔 g を適宜に調整すれば、放物面鏡16における反射位置は前記R点の近傍となり、収差の増加も比較的少なく、図7(B)の実験例で示す通り、距離 Δ が100 μm のずれに対しても受光感度の低下は2%程度で済む。かかる構成により、光ファイバ20、またはレセプタクル2を光軸方向、並びに光軸と垂直方向に適宜調整して固定すると、各部品の位置ずれを補正して好適な光学結合を得られる。

【0044】

つづいて、図1の受光素子モジュール3の詳細な構成について説明する。図8(A)(B)は、図1の受光素子モジュール3の水平断面図、垂直断面図を示すものである。図8に示す如く、受光素子モジュール3は、差動構成の信号ピン41a、41b、ホットダイオード18のバイアス電圧の供給ピン43a、トランスインピーダンスアンプ19の電源電圧の供給ピン43b、およびグランドピン42a、42b等がマウントされる円板状のステム10と、放物面鏡16および複

数の素子が搭載される台形柱状の台座 1 1 と、光ファイバ 2 0 から出射される信号光を集光する球レンズ 1 2 と、台座 1 1 など外部から密閉するための円筒形のキャップ部材 1 3 と、および光ファイバ 2 0 が接続されたフェルール 2 1 が挿入されるレセプタクル 2 等を備えている。

【 0 0 4 5 】

キャップ部材 1 3 は、プロジェクション溶接などによってステム 1 0 に固定される第 1 キャップ部材 1 3 a と、この第 1 キャップ部材 1 3 a の先端側に外嵌されて Y A G 溶接などによって第 1 キャップ部材 1 3 a に固定される第 2 キャップ部材 1 3 b とからなる 2 段円筒形状を呈している。

【 0 0 4 6 】

第 1 キャップ部材 1 3 a の先端側には、球レンズ 1 2 の挿入用の光貫通孔 1 4 が形成されており、この光貫通孔 1 4 に球レンズ 1 2 が挿入される。球レンズ 1 2 は、例えば B K 7 (屈折率 1. 5 1) で構成されており、低融点ガラスによる溶融接合などによって第 1 キャップ部材 1 3 a に固定される。第 1 キャップ部材 1 3 a の内部空間 1 5 は、球レンズ 1 2 によって外部から画成されており、これにより台座 1 1 が収納される内部空間 1 5 を気密状態に保つようにしている。

【 0 0 4 7 】

第 2 キャップ部材 1 3 b をフェルール 2 1 (図 2 参照) が挿入される方向 (光軸方向) に位置決め調整して、第 1 キャップ部材 1 3 a に固定することで、球レンズ 1 2 とレセプタクル 2 に挿入される光ファイバ 2 0 との光軸方向の位置合わせを行う。

【 0 0 4 8 】

レセプタクル 2 は、光ファイバ 2 0 が接続されたフェルール 2 1 が挿入されるフェルール挿入孔 2 2 および光ファイバ 2 0 から射出される信号光を通過させるための光貫通窓 2 3 を有している。このレセプタクル 2 は、Y A G 溶接などによって第 2 キャップ部材 1 3 b に固定される。レセプタクル 2 を第 2 キャップ部材 1 3 b に固定する際に、光軸方向に垂直な 2 つの方向に対する位置決め調整を行うことで、球レンズ 1 2 とレセプタクル 2 に装着される光ファイバ 2 0 との光軸に直角な 2 つの方向に関する位置合わせを行う。このように、第 2 キャップ部材

13bとレセプタクル2は固定される際に位置決め調整され、光軸に対して3軸方向の調整が行われる。

【0049】

光ファイバ20が接続されているフェルール21は、フェルール21がレセプタクル2のフェルール挿入孔22に挿入されたとき、フェルール21を押圧しかつフェルール21をレセプタクル2にロック固定するための適宜の機構（図示せず）を有している。

【0050】

つぎに、キャンパッケージ1内の構成について説明する。図9は、ステム10とピンと台座11の配置関係などを示すための図である。図9に示す如く、キャンパッケージ1は、複数のピンがマウントされた円板状のステム10と、Agロウ付けなどによってステム10の内壁面に垂直に固定される台形柱状の台座11とから構成される。

【0051】

グラウンドを構成するステム10には、受光素子18の信号伝送のための一対の差動構成の信号ピン41a、41bと、信号ピン41a、41bの両側に配される2本のグラウンドピン42a、42bと、トランスインピーダンスアンプ19の電源電圧の供給や、受光素子18にバイアス電圧を供給するための電圧供給ピン43a、43bとがマウントされている。

【0052】

信号ピン41a、41bおよびグラウンドピン42a、42bは、ステム10を貫通するフィードスルーを構成している。これら各信号ピンは、ガラスなどの材料で構成される誘電体（61、63a、63b）を介してステム10に対し気密封止状態で固定されている。グラウンドピン42a、42bは、グラウンドを構成するステム10の外壁面10zに圧着および溶接によって固定されている。

【0053】

より詳細に説明すると、ステム10は、コバール（Fe-Ni合金）、軟鉄あるいはCuW（銅タングステン）などの金属で構成され、通常、その上層に半田付けのためにNiや金などのメッキが施されている。また、ステム10は、例え

ばコバル (Fe-Ni 合金) や軟鉄の場合は金属板を金型で打ち抜いて作ることができ、例えばCuWの場合はインジェクションモールド技術で作ることができ、製造が簡単なので、コストが安いという利点を有している。ステム10には、複数の孔51、53a、53bが分散して形成されており、これらの孔51、53a、53bに、夫々誘電体61、63a、63bが挿入される。

【0054】

誘電体61には一対のピン挿入孔 (符号省略) が形成され、これらのピン挿入孔に信号ピン41a、41bが挿入固定される。同様に、誘電体63a、63bには、孔 (符号省略) がそれぞれ形成され、これらの各孔に電圧供給ピン43a、43bが挿入固定される。一対の信号ピン41a、41bが挿入される誘電体61の形状は、この場合長円形状を呈している。これに対応して、誘電体61が挿入される孔51も長円形状を呈している。その他の誘電体63a、63bは、円形形状としている。なお、グランドピン42a、42bは、貫通されておらず、前述したように、ステム10の外壁面10zに圧着および溶接によって固定されている。

【0055】

誘電体61、63a、63bとしては、例えば、コバルガラス、ほうけい酸ガラスなどを使用する。また、信号ピン41a、41b、電圧供給ピン43a、43b、およびグランドピン42a、42bとしては、例えばコバル、50%Ni-Fe合金などの金属を使用する。

【0056】

ステム10と、台座11とを別体として製造する場合は、台座11はステム10に対しAgロウ付けなどによって接続固定される。勿論、ステム10と台座11とを一体物として製造するようにしてもよい。

【0057】

台座11の上面には、差動線路基板31と、トランスインピーダンスアンプ用回路素子33と、受光素子用回路素子32と、トランスインピーダンスアンプ19と、放物面鏡16と、受光素子用基板17とが搭載されている。なお、受光素子用基板17としてセラミックチップ型の容量を使用すれば、受光素子との接続

を半田付け固定としてインダクタンスを減らし、トランスインピーダンスアンプ 19 との配線などに依存する共振を防止することができ好適である。台座 11 はメッキにより一面の接地導体層（以下ベタグランド）を構成しており、このベタグランドは、各素子の裏面に平面導体板として形成されたグランドに接続されている。

【0058】

差動線路基板 31 は、対称形状に形成された一対のストリップ差動信号線 31 a、31 b と、基板の裏面に平面導体板として形成されたベタグランド（図示せず）で構成されている。ストリップ差動信号線 31 a、31 b の一端側には、ステム 10 から突出された信号ピン 41 a、41 b と接触させるための一対のパッド（91 a、91 b）と、フィードスルー部や前後の回路とのインピーダンス整合をとるための幅広部 92 やスタブ 93 a および 93 b が形成されている。ステム 10 にマウントされる信号ピン 41 a、41 b の端部は、差動線路基板 31 のパッドにロウ付けまたは半田付けによって接続固定されている。

【0059】

受光素子用回路素子 32 は、受光素子用基板 17 に搭載される受光素子 18 にバイアス電圧を供給する際に適宜の周波数帯のノイズを除去するための回路素子（容量、抵抗、コイル等）が搭載されている。この受光素子用回路素子 32 には、パット（符号省略）が複数形成されており、電圧供給ピン 43 a とワイヤボン ド 95 a で接続され、受光素子用基板 17 のパットと他のワイヤボン ド 70 c で接続されている。

【0060】

トランスインピーダンスアンプ用回路素子 33 は、トランスインピーダンスアンプ 19 に供給する電源電圧の適宜の周波数のノイズを除去するための回路素子（容量、抵抗、コイル等）が搭載されている。このトランスインピーダンスアンプ用回路素子 33 には、パット（符号省略）が複数形成されており、電圧供給ピン 43 b とワイヤボン ド 95 b で接続され、トランスインピーダンスアンプ 19 のパットとワイヤボン ド 70 d で接続されている。

【0061】

トランスインピーダンスアンプ 19 の差動信号の出力端子は、差動線路基板 31 等のパットとワイヤボンド 96 a、96 b で接続されている。また、トランスインピーダンスアンプ 19 は、受光素子 18、受光素子用回路素子 32 等のパットとワイヤボンドで接続されている（図 10 の説明で後述する）。トランスインピーダンスアンプ 19 では、受光素子 18 から入力される電気信号を電流電圧変換した後に増幅する。

【0062】

受光素子用基板 17 は、例えば、pin 型のホトダイオード等の受光素子 18 を搭載しており、また、パット（符号省略）が複数形成されており、受光素子用回路素子 32 およびトランスインピーダンスアンプ 19 とワイヤボンドで接続されている。受光素子 18 は、放物面鏡 16 で反射された信号光を受光して電気信号（モニタ信号）に変換する。この電気信号は、トランスインピーダンスアンプ 19 で増幅された後、トランスインピーダンスアンプ 19 における差動信号の出力端子から出力され、差動線路基板 31 の一対のストリップ差動信号線 31 a、31 b を介して、ステム 10 にマウントされた信号ピン 41 a、41 b から上位システムに出力される。

【0063】

放物面鏡 16 は、プラスチックモールドで形成されている。この放物面鏡 16 は、図 8 に示すように、放物面を呈する反射面 16 a を有しており、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 をワイヤボンドで接続するための溝（図 10 参照）が形成されている。反射面 16 a は、クロムなどの密着性の良い下地皮膜を施した後で、反射率の高い金、アルミニウム、銀などの金属皮膜を電子線ビーム蒸着やスパッタリングなどの方法で塗布される。また、反射膜は二酸化チタンや二酸化シリコンの誘電体多層膜や、アルミナや五酸化三タンタルなどを使用したもの、また、金属皮膜の上に誘電体の保護膜を塗布したものでも良い。なお、反射面 16 a の表面に絶縁膜を塗布することによって、ワイヤボンドとの短絡防止に効果が有り、好適である。

【0064】

放物面鏡 16 の反射面 16 a は、球レンズ 12 で集光された信号光を、略 90

° 屈曲させて反射して受光素子 18 の受光面 18 a に到達させる役割を果たし、さらには、反射面 16 a がパラボラ状になっていることから、収差をほとんど発生させずに、受光素子 18 の感度を増大させることができる。

【0065】

このように、放物面鏡 16 で信号光の伝達経路を略直角に屈曲させることによって、受光素子 18 の表面に対して水平方向の位置に球レンズ 12 や各種電気部品を配置することが可能となり、受光素子モジュールを薄型化することが可能となる。

【0066】

図 10 は、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 の電気的な接続を説明するための図であり、同図 (A) は、放物面鏡 16 の周辺の垂直断面図、同図 (B) は正面図、同図 (C) は放物面鏡 16 を取り外した場合の平面図を示すものである。図 10 (A) ~ (C) に示す如く、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 は、台座 11 上の同一平面上に近接して搭載されている。受光素子用基板 17 に載置される受光素子 18 は、表面側に受光面を有する表面入射型のホトダイオードからなり、表面側に受光面 (ホトダイオード部分) 18 a および電極であるパッド 18 b (例えば、p 側電極) が形成されている。また、受光素子用基板 17 側には電極 (例えば、n 側電極) が形成されている。

【0067】

放物面鏡 16 には、受光素子 18 とトランスインピーダンスアンプ 19 をワイヤボンドで接続するための溝 16 b が形成されている。なお、溝 16 b は図面においては半円筒形の形状をしているが、特に、この形状に特定されるものではなく、例えば、直方形の形状でも構わない。即ち、放物面鏡 16 が台座 11 に設置された状態で放物面鏡 10 をトンネルのように貫通するようであれば、どのような形状でも良い。トランスインピーダンスアンプ 19 には、電気信号を入力するためのパッド 19 b と、グランド 19 a が形成されている。受光素子 18 のアノード側のパッド 18 b とトランスインピーダンスアンプ 19 のパッド 19 b とはワイヤボンド 70 b の一端側および他端側がそれぞれボンディングされている。受光素子 18 のカソード側の電極 (図示せず) は、受光素子用基板 17 の電極 1

7aに半田付されている。受光素子用基板17の電極17aはワイヤボンダ70cを介して受光素子用回路素子32に接続され、受光素子用回路素子32は電圧ピン43aに接続される。容量32bの裏面の電極は受光素子用基板17の電極17aに接続される。容量32bの表面の電極は、受光素子用基板17のグランド面17bとワイヤボンダ70eで接続される。また、容量32bの表面の電極は、トランスインピーダンスアンプ19のグランド19aにワイヤボンダ70aで接続される。受光素子用基板17のグランド面17bはスルーホール17cを介して台座11の表面（グランド面）と接続される。

【0068】

図11(A)～(C)は、図10(A)～(C)の他の例として、受光素子18とトランスインピーダンスアンプ19の電気的な接続を説明するための図であり、同図(A)は、放物面鏡16の周辺の垂直断面図、同図(B)は正面図、同図(C)は放物面鏡16を取り外した場合の平面図を示すものである。図11(A)～(C)に示す如く、受光素子用基板17にセラミックチップ型の平行平板の容量170を使用して、構造を簡単にしても良い。この場合、受光素子18の裏面をセラミックチップ型の容量170の上面に載置し、セラミックチップ型の容量170の裏面を台座11のグランド面に接続する。即ち、容量170の両端の電極の平面を台座11と平行にして、容量170の下端の電極を台座11のグランド面に電気的に導通するように固定し、容量170の上端の電極にホトダイオードの裏面側の電極と電気的に接続するように載置する。また、トランスインピーダンスアンプ19のグランド19aは、図10(A)～(C)と同様に台座11のグランド面に接続される。また、トランスインピーダンスアンプ19のパッド19bは受光素子18のパッド18bと接続される。

【0069】

実施の形態1の受光素子モジュールによれば、光ファイバ20から射出される信号光を球レンズ12で集光し、集光した信号光を放物面鏡16で反射する構成としているので、放物面鏡16の反射面16aの領域を小さくすることができ、放物面鏡16を小型化することが可能となる。これにより、受光素子モジュールを小型化することが可能となる。また、放物面鏡の反射面の小型化により、反射

鏡の素材による熱膨張係数の影響も少なくなり、構造が簡単化される。

【0070】

また、放物面鏡16では、放物面中心から略半径分オフセットした位置で信号光を略直角に屈曲させて受光素子18に入射させることとしたので、放物面鏡16の放物面（反射面）による収差を低減することができ、像ボケを少なくすることが可能となる。

【0071】

また、球レンズ12と放物面鏡16の放物面とで信号光を集光することとしたので、球レンズ12による屈折力を小さくして球面収差による像ボケを少なくすることが可能となる。

【0072】

また、第2キャップ部材13bとレセプタクル2を固定する際に、光軸に対して3軸方向（光軸方向と光軸方向に垂直な2方向）に調整することとしたので、信号光の像を受光素子18の受光面18aに精度良く位置合わせすることが可能となる。

【0073】

また、台座11上に受光素子18とトランスインピーダンスアンプが搭載されているトランスインピーダンスアンプ19を近接させて配置することとしたので、高周波特性を改善することが可能となる。

【0074】

また、受光素子用基板17にはセラミックチップ型の容量を使用することによって、受光素子18とトランスインピーダンスアンプ19とを接続するワイアボンド配線70a、70bのインダクタンスに伴う共振を防止することが可能になる。

【0075】

また、キャップ部材13に球レンズ12を挿入するための光貫通孔14を形成し、この光貫通孔14に球レンズ12を挿入して密閉構造を実現することとしたので、安価に密閉構造を実現でき、また、確実な密閉構造を実現することが可能となる。

【0076】

なお、上記した実施の形態1では、2次曲面の反射面を有する反射鏡として、放物面鏡を使用することとしたが、反射面が双曲面である双曲面鏡を使用することにしても良い。また、本実施の形態1では、受光素子18として、ホトダイオードを使用することとしたが、アバランシェホトダイオード等の他の光半導体素子を使用することにしても良い。

【0077】

実施の形態2.

図12を参照して、実施の形態2の受光素子モジュールを説明する。実施の形態1の受光素子モジュールでは、受光素子として表面入射型のホトダイオード180を使用することとしたが、実施の形態2の受光素子モジュールでは、裏面入射型のホトダイオード180を使用して、受光素子180とトランスインピーダンスアンプ19をワイヤボンドで接続するための放物面鏡16の溝を不要としたものである。図12は、受光素子180とトランスインピーダンスアンプ19の電気的な接続を説明するための図であり、同図(A)は、放物面鏡16の周辺の垂直断面図、同図(B)は正面図、同図(C)は放物面鏡16を取り外した場合の平面図を示すものである。図12において、図10と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。

【0078】

図12に示す如く、受光素子用基板175に載置される受光素子180は、裏面側に受光面を有する裏面入射型のホトダイオードからなり、裏面側に受光面（ホトダイオード部分）180aが形成されている。受光素子用基板175の表面には、一对の電極175a、175c（一对のp側とn側の電極）が形成されている。受光素子用基板175の電極175a、175c上に、受光素子180の図示しない一对の端子（アノード、カソード）が夫々半田付けで接続される。また、電極175aの上面には、容量32bの裏面電極が半田付けされている。容量32bの表面電極は、受光素子用基板175の他の導体パッド175bに接続される。導体パッド175bは、スルーホール175eを介して台座11の表面に接続される。受光素子用基板175の他の導体パッド175dに、ワイヤボン

ド70aの一端側がボンディングされ、ワイヤボンド70aの他端側がトランスインピーダンスアンプ19のパット19aに接続されている。容量32bの表面電極は、受光素子用基板175の導体パッド175dにも接続される。ワイヤボンド70bの一端側は電極175cに接続され、ワイヤボンド70bの他端側は、トランスインピーダンスアンプ19のパット19bにボンディングされている。

【0079】

実施の形態2の受光素子モジュールによれば、受光素子180として、裏面入射型のホトダイオードを使用しているので、受光素子180とトランスインピーダンスアンプ19をワイヤボンドで接続するための放物面鏡16の溝16b（図10参照）が不要となるため、放物面鏡16の溝16bの加工が不要となり、放物面鏡16の製造コストを低減することが可能となる。

【0080】

実施の形態3.

図13を参照して、実施の形態3の受光素子モジュールを説明する。実施の形態1の受光素子モジュールでは、台座11上でトランスインピーダンスアンプ19を受光素子18の後段側に配置しているが、実施の形態3の受光素子モジュールでは、台座11上でトランスインピーダンスアンプ19を受光素子18の前段側に配置して、受光素子モジュール3の横幅方向（水平方向）を省スペース化するものである。図13は、図1の受光素子モジュール3の垂直断面図を模式的に示したものであり、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡易化して図示している。図13において、図2と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。図13に示す如く、台座11には、受光素子18の前段側にトランスインピーダンスアンプ19が配置され、受光素子18の後段側に放物面鏡16が配置されている。このとき、ストリップ差動信号線31a、31bは受光素子18と干渉しないように、放物面鏡16がストリップ差動信号線31a、31bに設けられる。

【0081】

実施の形態3の受光素子モジュールによれば、台座11上でトランスインピー

ダンスアンプ19を受光素子18の前段側に配置しているので、実施の形態1の受光素子モジュールに比して、トランスインピーダンスアンプ19を配置するスペース分だけ受光素子モジュールの横幅方向（水平方向）を省スペース化することが可能となる。また、放物面鏡16もその同程度横方向の幅を狭くできる。

【0082】

また、トランスインピーダンスアンプ19と受光素子18を接続するワイヤボンド70a、70bを、放物面鏡16の前方（光ファイバ20側）に配置すれば良く、放物面鏡16の下面に、ワイヤボンドを通過させる溝16bを設けなくとも、トランスインピーダンスアンプ19と受光素子18を接続することができる。ただし、ワイヤボンド95a、95bは放物面鏡16を避けるように配置する。

【0083】

実施の形態4.

図14を参照して、実施の形態4の受光素子モジュールを説明する。実施の形態1の受光素子モジュールでは、キャップ部材13に形成されている光貫通孔に球レンズ12を挿入して密閉構造を形成していたが、実施の形態4の受光素子モジュールでは、キャップ部材13に形成されている光貫通孔に透明の部材を配置して密閉構造を形成するものである。図14は、図1の受光素子モジュール3の垂直断面図を模式的に示したものであり、一部の部位の図示を省略し、また、部位を簡易化して図示している。図14において、図2と同等機能を有する部位には同一符号を付してある。

【0084】

レセプタクル2とキャップ部材13との間に、レンズ12を保持するレンズ保持部材80が設けられる。レンズ保持部材80の端面は、キャップ部材13の光貫通孔81側の一端面に溶接などで接合される。また、レンズ保持部材80の外周は接続部材85の一端側の内周と嵌合し、レンズ保持部材80に対して接続部材85が摺動して溶接される。接続部材85の他端側の端面は、レセプタクル2の孔22と反対側の端面が溶接される。

【0085】

図14に示す如く、キャップ部材13には、光貫通孔81が形成されており、光貫通孔81が形成されたキャップ部材13の内壁側に低融点ガラス等で固定されたコバルガラス等からなる透明の部材（窓部材）82で光貫通孔81が覆われている。この透明の部材82により密閉構造が達成される。キャップ部材13には、球レンズ12を挿入するための光貫通孔が形成されている円筒形状を呈するレンズ保持部材80が固定されている。この光貫通孔には、球レンズ12を挿入されて接着剤等で固定される。さらに、レンズ保持部材80には、レセプタクル2が固定されている。

【0086】

実施の形態4の受光素子モジュールによれば、光貫通孔81が形成されたキャップ部材13の内壁側に、透明の部材82を固定して光貫通孔81を覆うことにより密閉構造を実現することとしたので、安価に密閉構造を実現でき、また、確実な密閉構造を実現することが可能となる。

【0087】

なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施可能である。

【0088】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、光ファイバから射出される信号光を集光するレンズと、レンズによって集光された信号光を反射させる2次曲面の反射面を有する反射鏡と、反射鏡によって反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子とを備えて受光素子モジュールを構成したので、反射面鏡には、レンズで集光された信号光が入力するため、反射鏡の反射面の領域を小さくすることができ、反射鏡を小型化することが可能となり、この結果、反射鏡の素材による熱膨張係数の影響も少なくなり、構造が簡単化される。また、安価で小型化が可能な受光素子モジュールを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1にかかる受光素子モジュールの外観構成を示す図である。

【図2】 図1の受光素子モジュールの垂直断面図を模式的に示した図である。

【図3】 ガウスビームの広がりの説明するための図である。

【図4】 各種記号を説明するための図である（その1）。

【図5】 各種記号を説明するための図である（その2）。

【図6】 物点-レンズ間隔と横倍率の関係を説明するための図である。

【図7】 物点-レンズ間隔とR点-像点距離の関係を説明するための図である。

【図8】 図1の受光素子モジュールの水平断面図、垂直断面図である。

【図9】 ステムとピンと台座の配置関係などを示すための図である。

【図10】 受光素子とトランスインピーダンスアンプの電気的な接続を説明するための図である（その1）。

【図11】 受光素子とトランスインピーダンスアンプの電気的な接続を説明するための図である（その2）。

【図12】 実施の形態2の受光素子モジュールを説明するための図である。

【図13】 実施の形態3の受光素子モジュールを説明するための図である。

【図14】 実施の形態4の受光素子モジュールを説明するための図である。

【符号の説明】

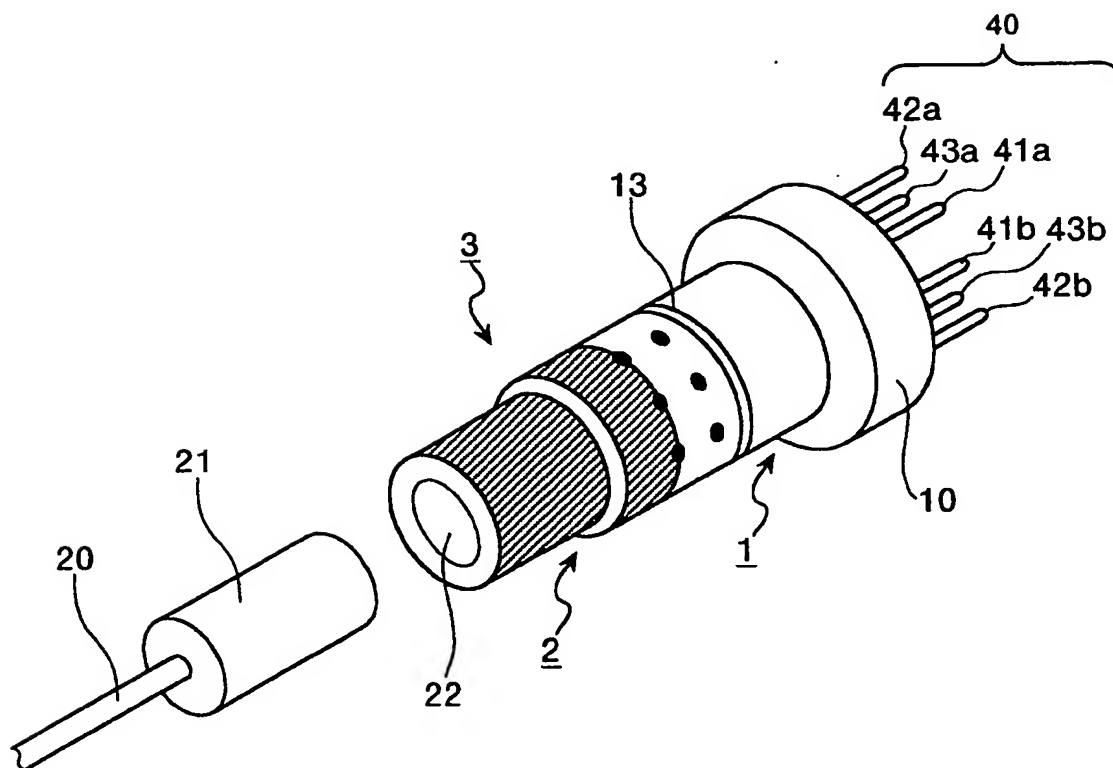
1 キャンパッケージ、2 レセプタクル、3 受光素子モジュール、10 ステム、11 台座、12 集光レンズ（球レンズ）、13 キャップ部材、13a 第1キャップ部材、13b 第2キャップ部材、14 光貫通孔、15 内部空間、16 放物面鏡、16a 反射面、16b 溝、17 受光素子用基板、18 受光素子、19 トランスインピーダンスアンプ、20 光ファイバ、31 差動線路基板、31a、31b ストリップ差動信号線、32 受光素子用回路素子、33 トランスインピーダンスアンプ用回路素子、41a、41b 信号ピン、42a、42b 電圧供給ピン、43a、43b グランドピン、

51, 53a, 53b 孔、61, 63a, 63b 誘電体、70a, 70b
ワイヤボンド、81 光貫通孔。

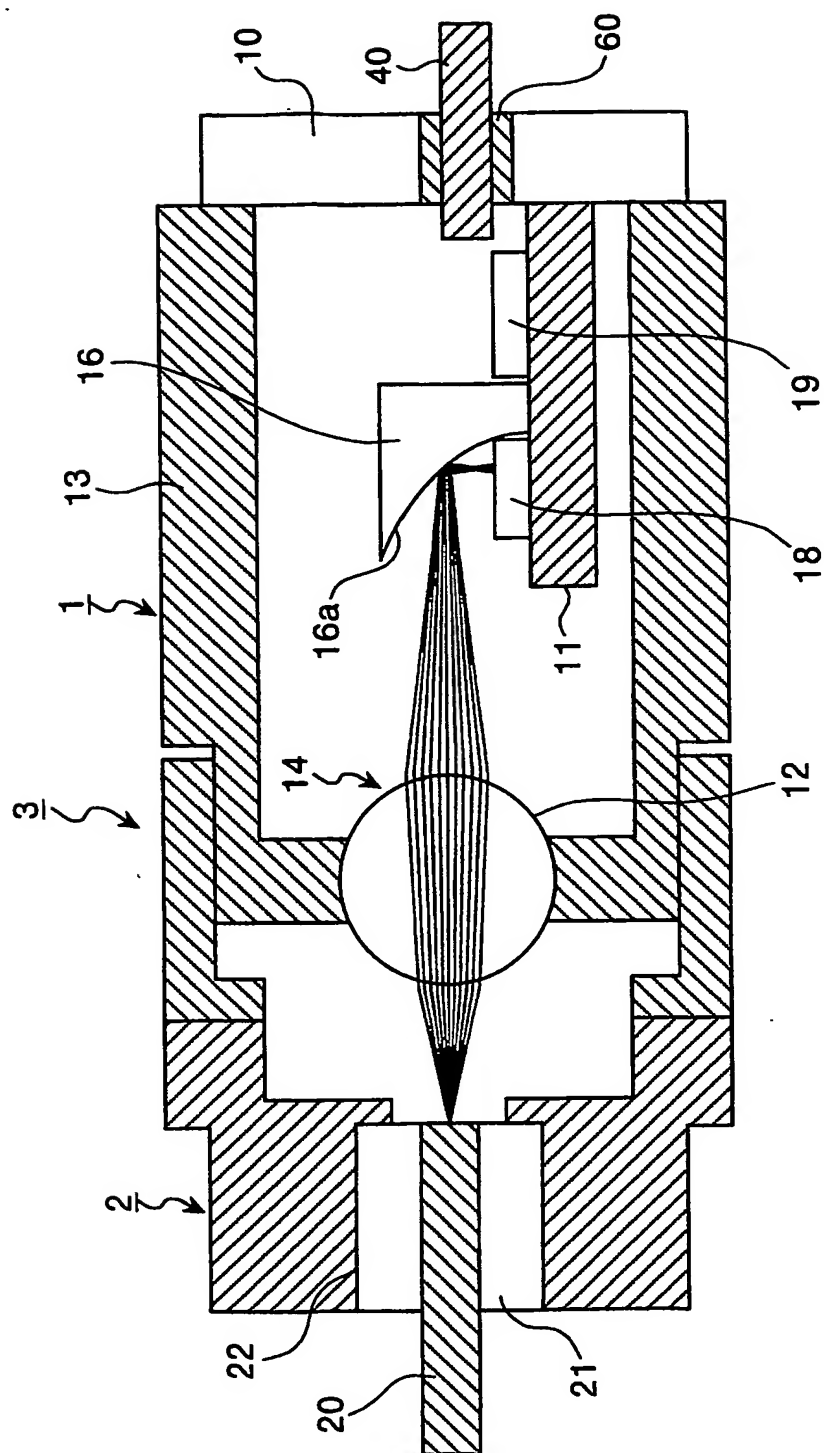
【書類名】

図面

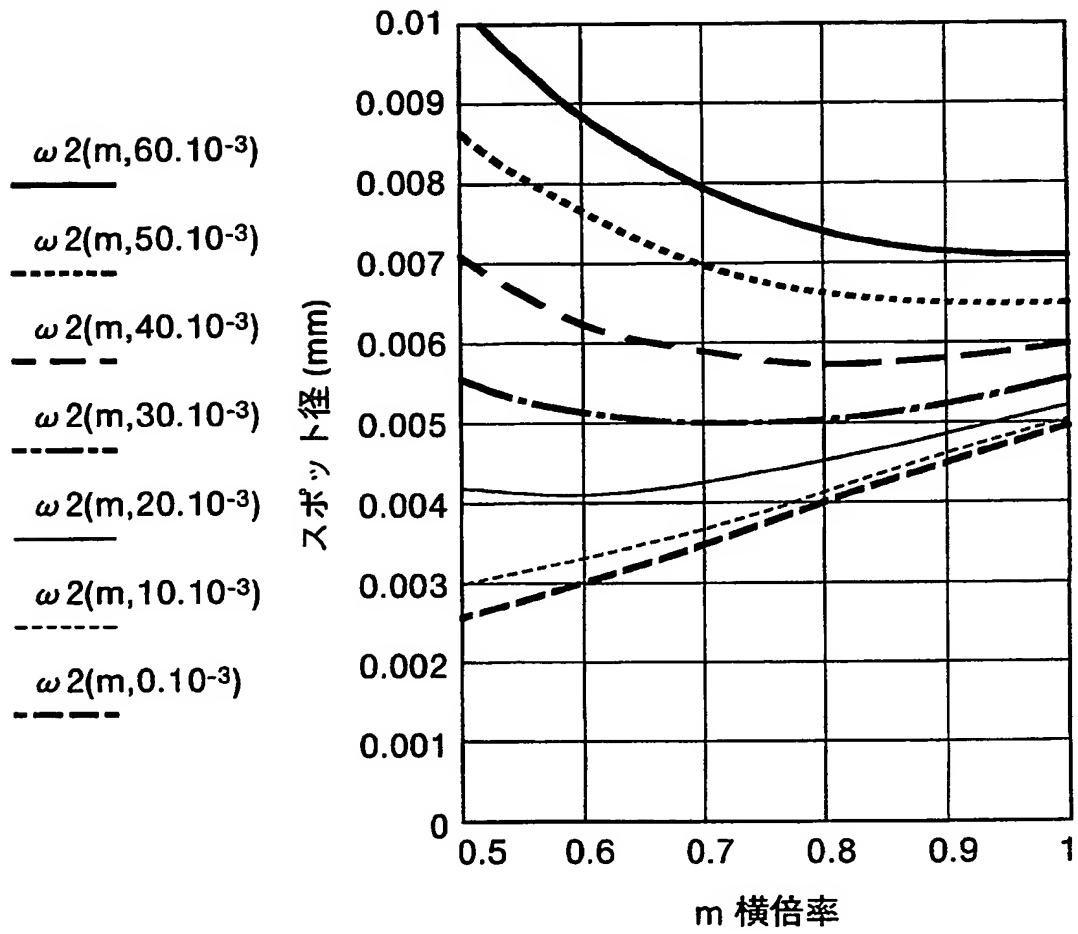
【図 1】



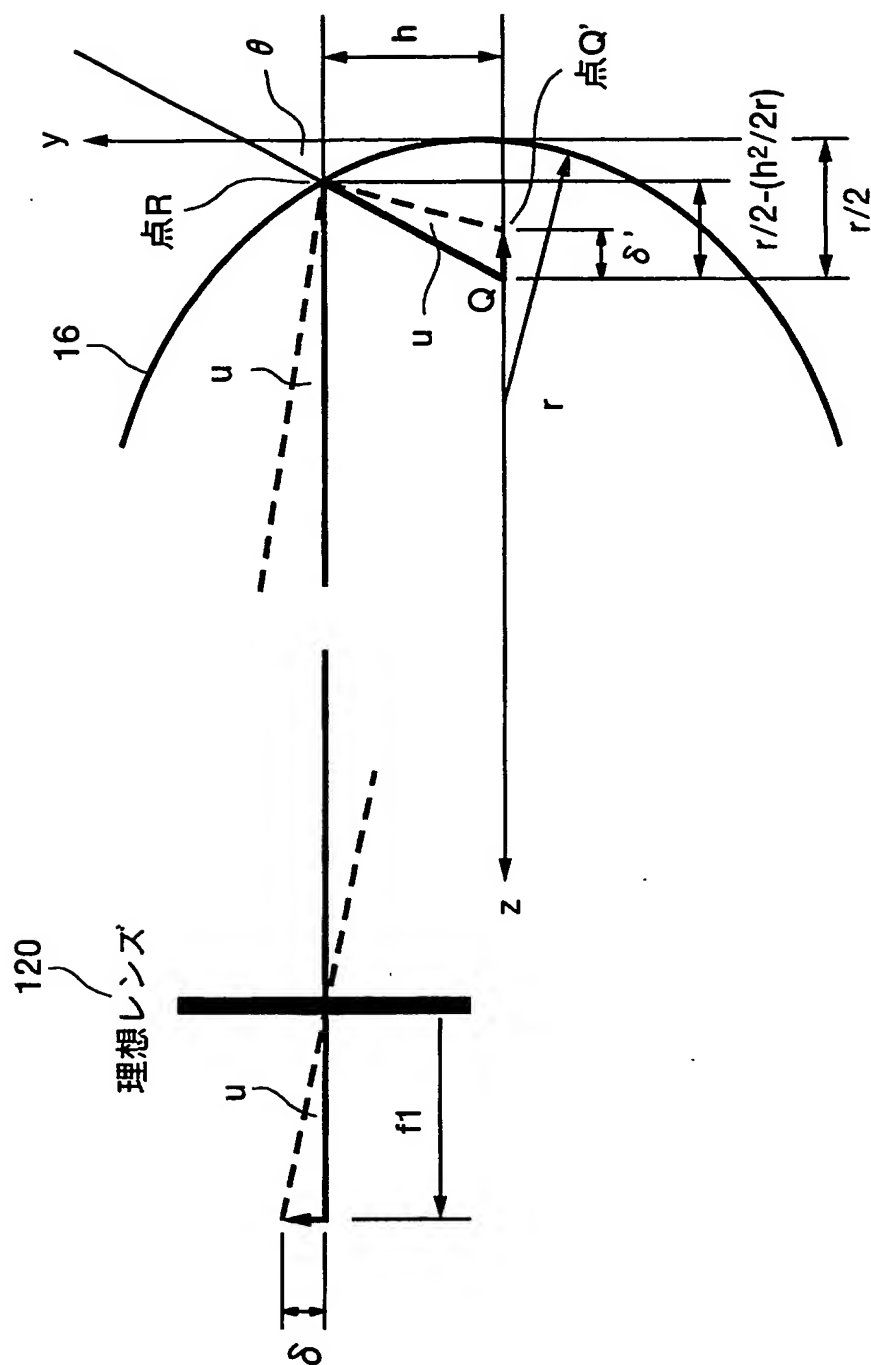
【図 2】



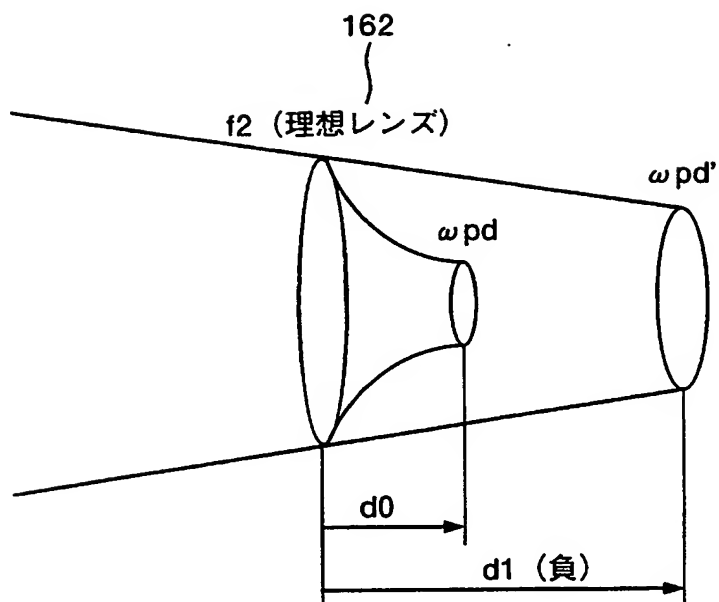
【図 3】



【図 4】

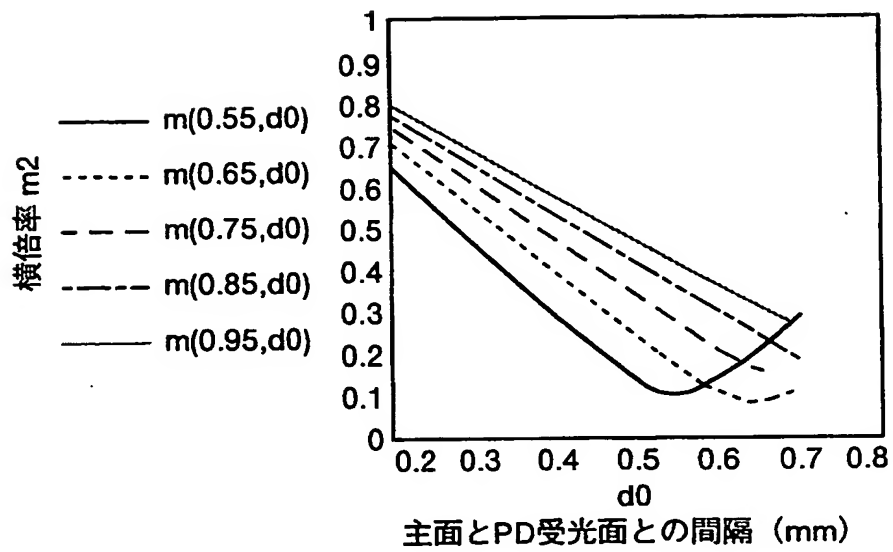


【図 5】

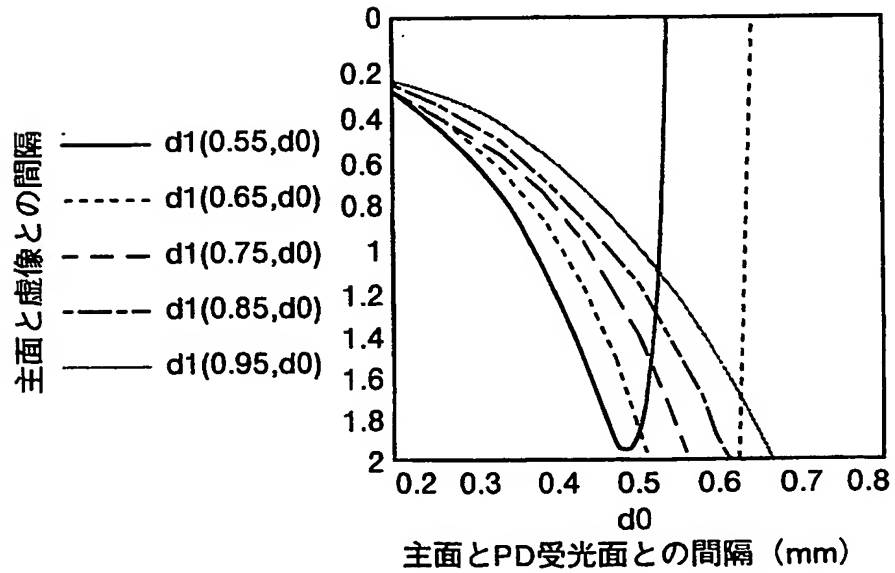


【図 6】

(A)

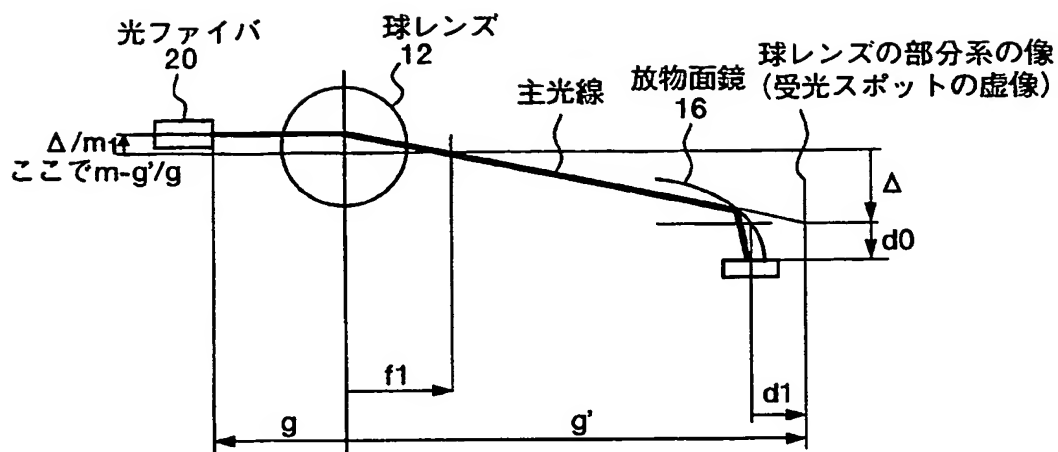


(B)

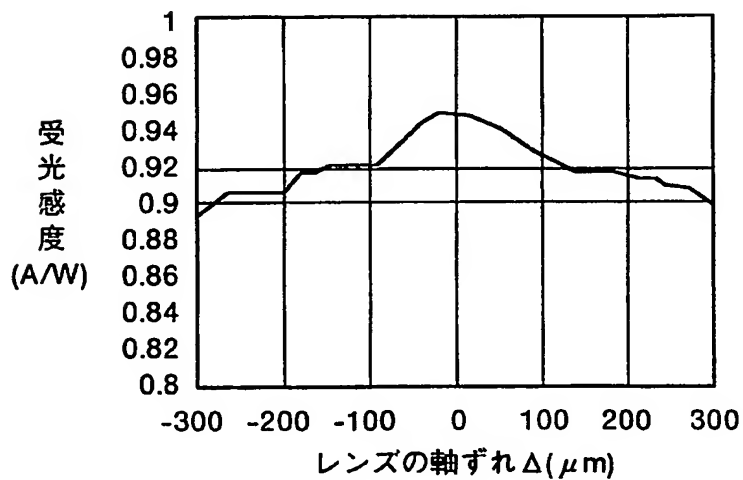


【図 7】

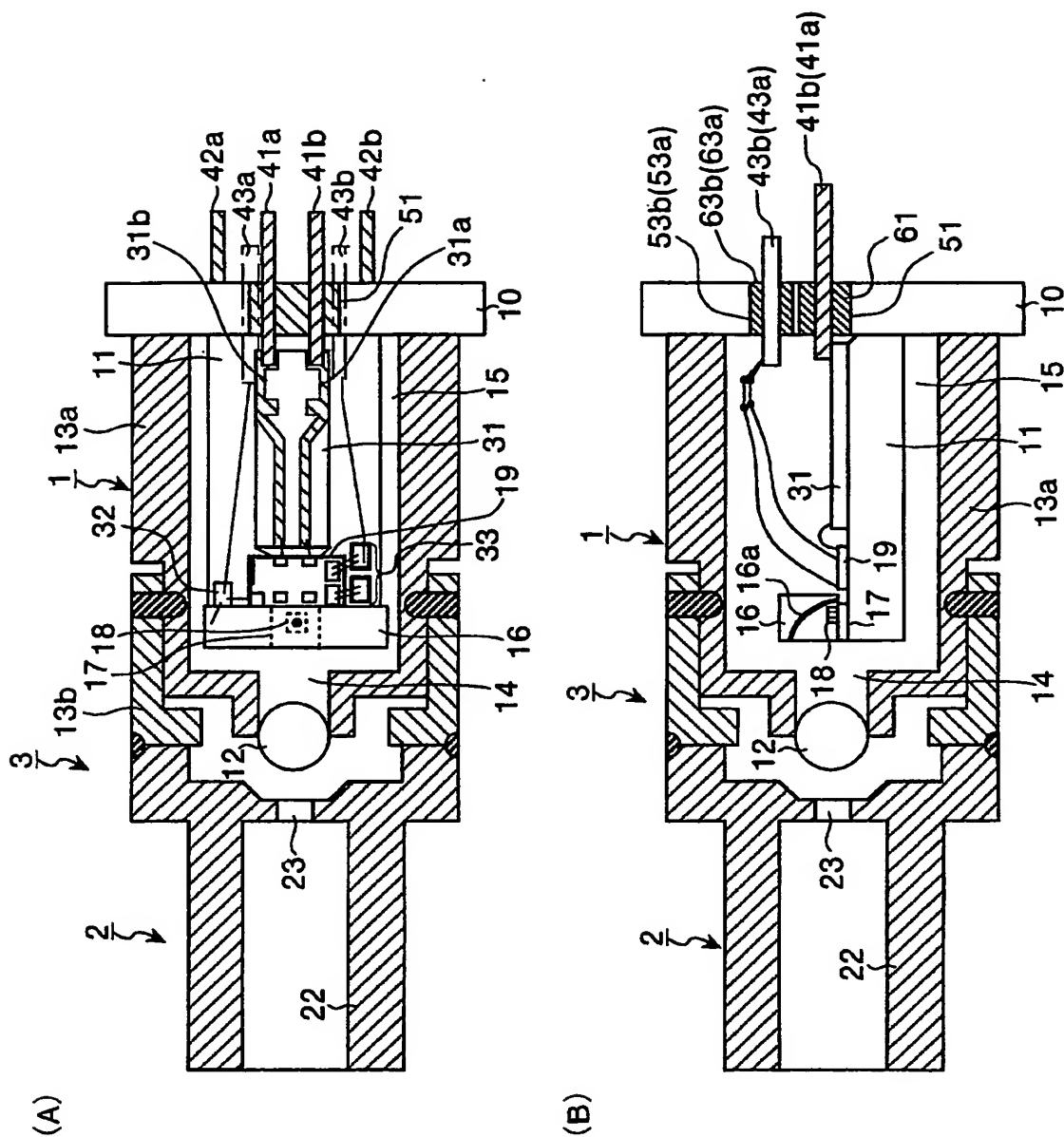
(A)



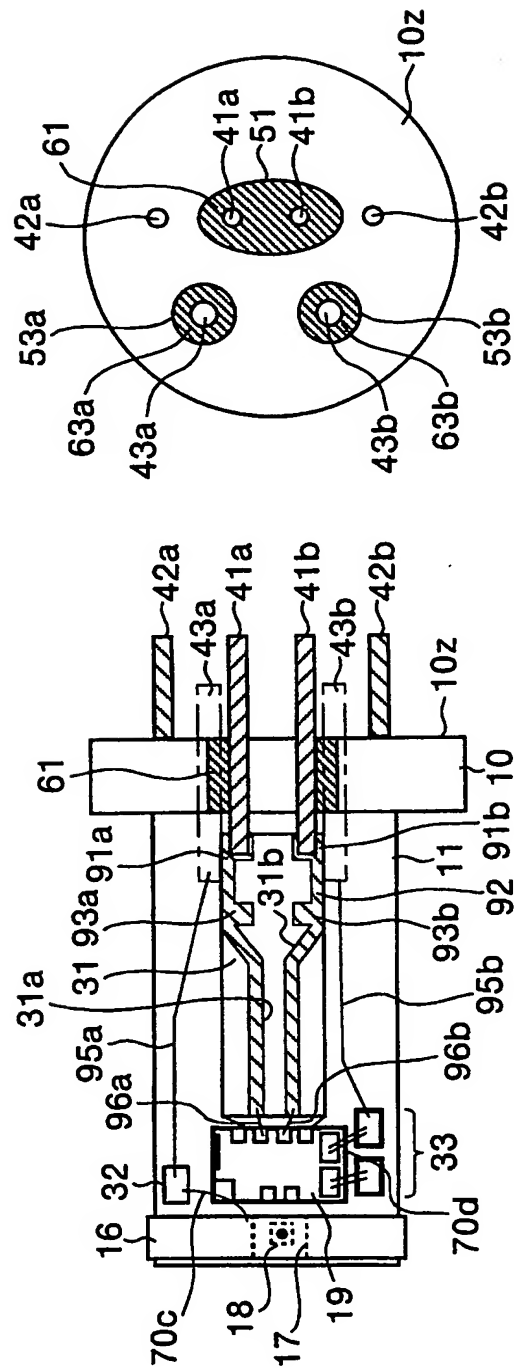
(B)



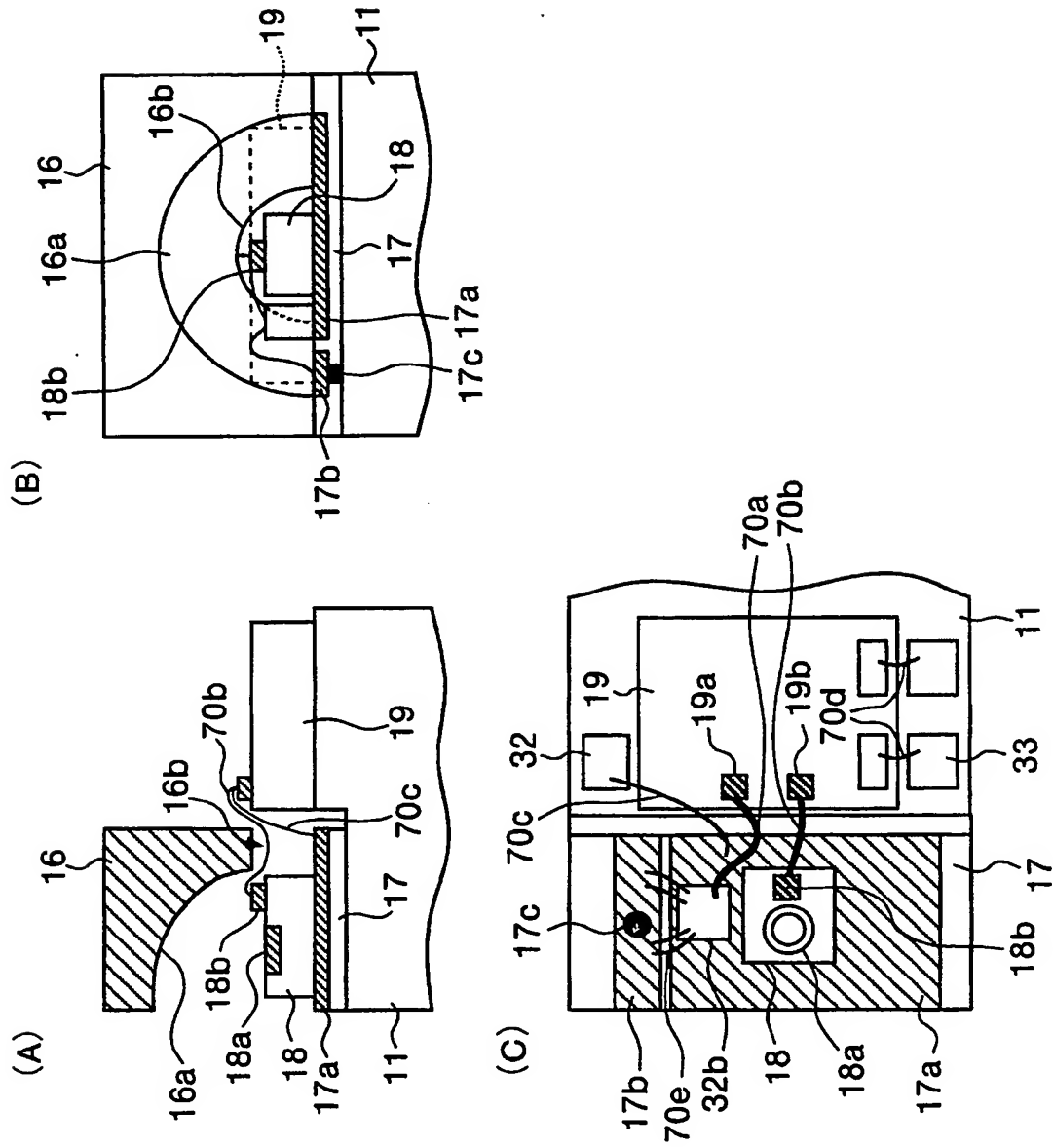
【図 8】



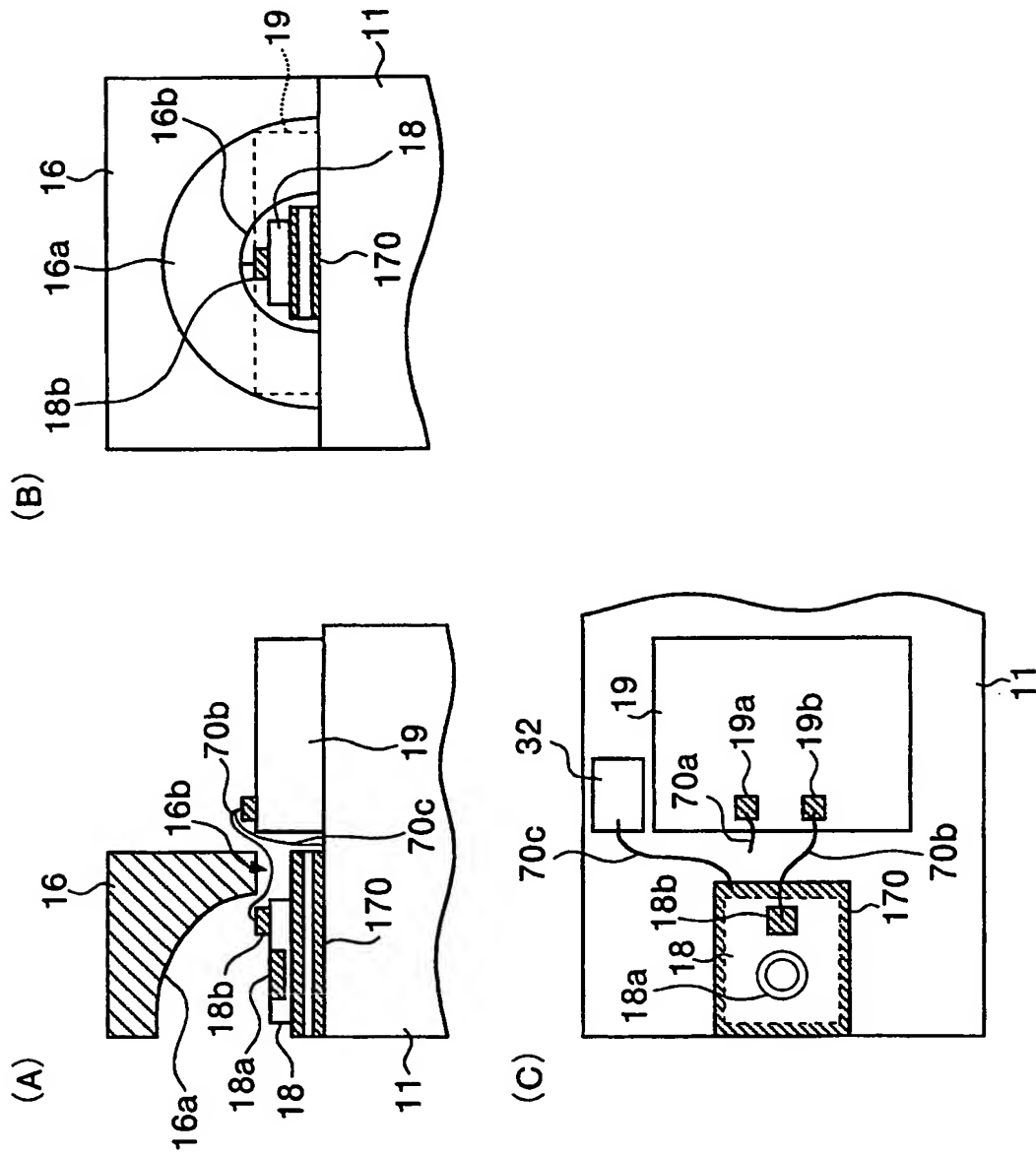
【図 9】



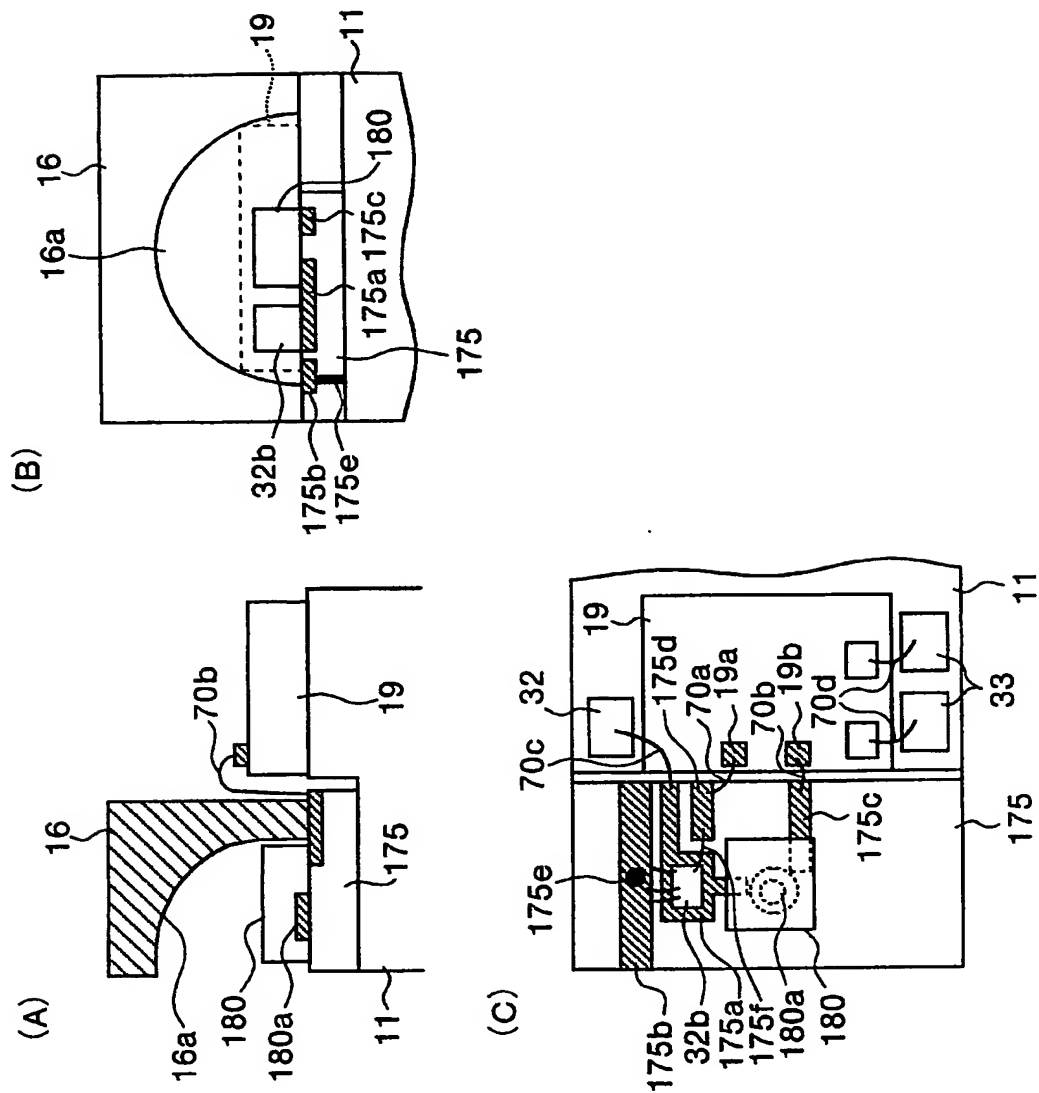
【図 10】



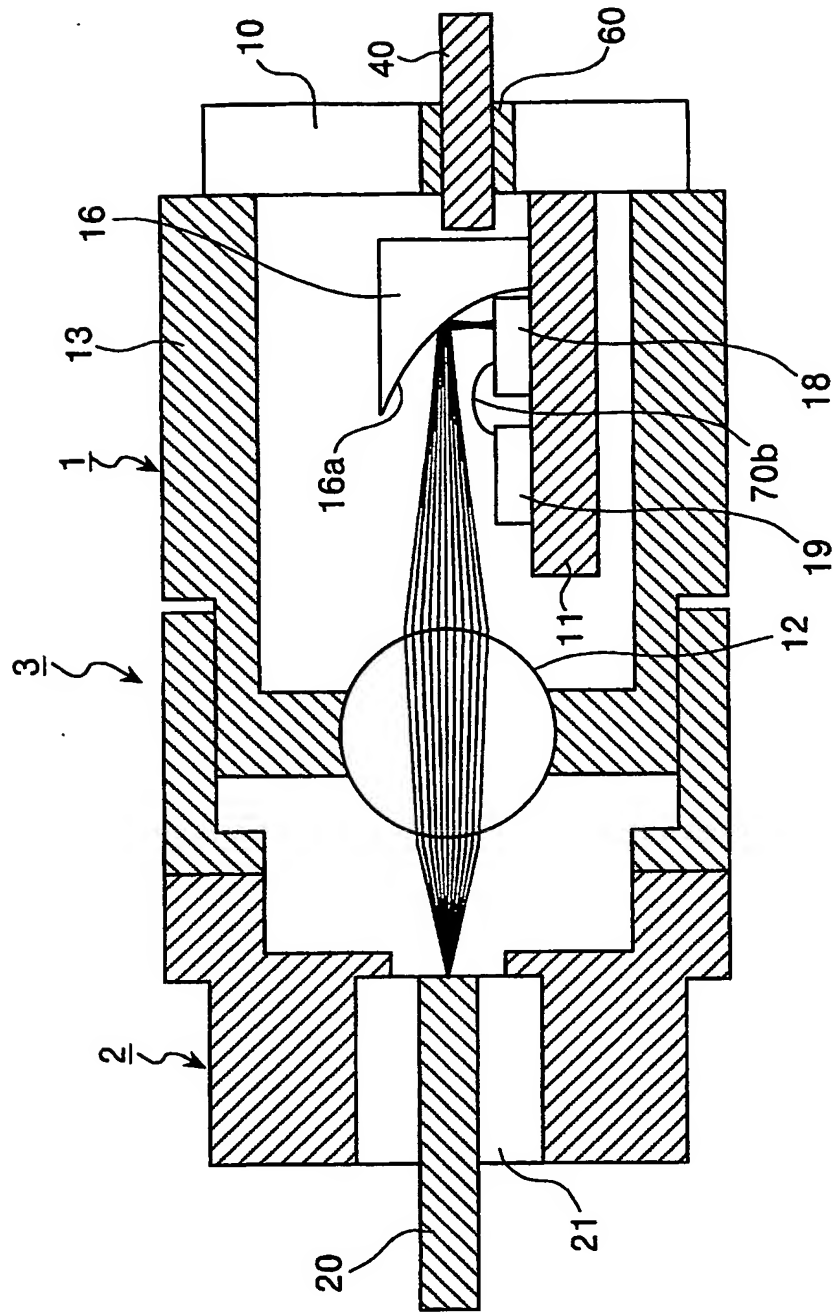
【図 1 1】



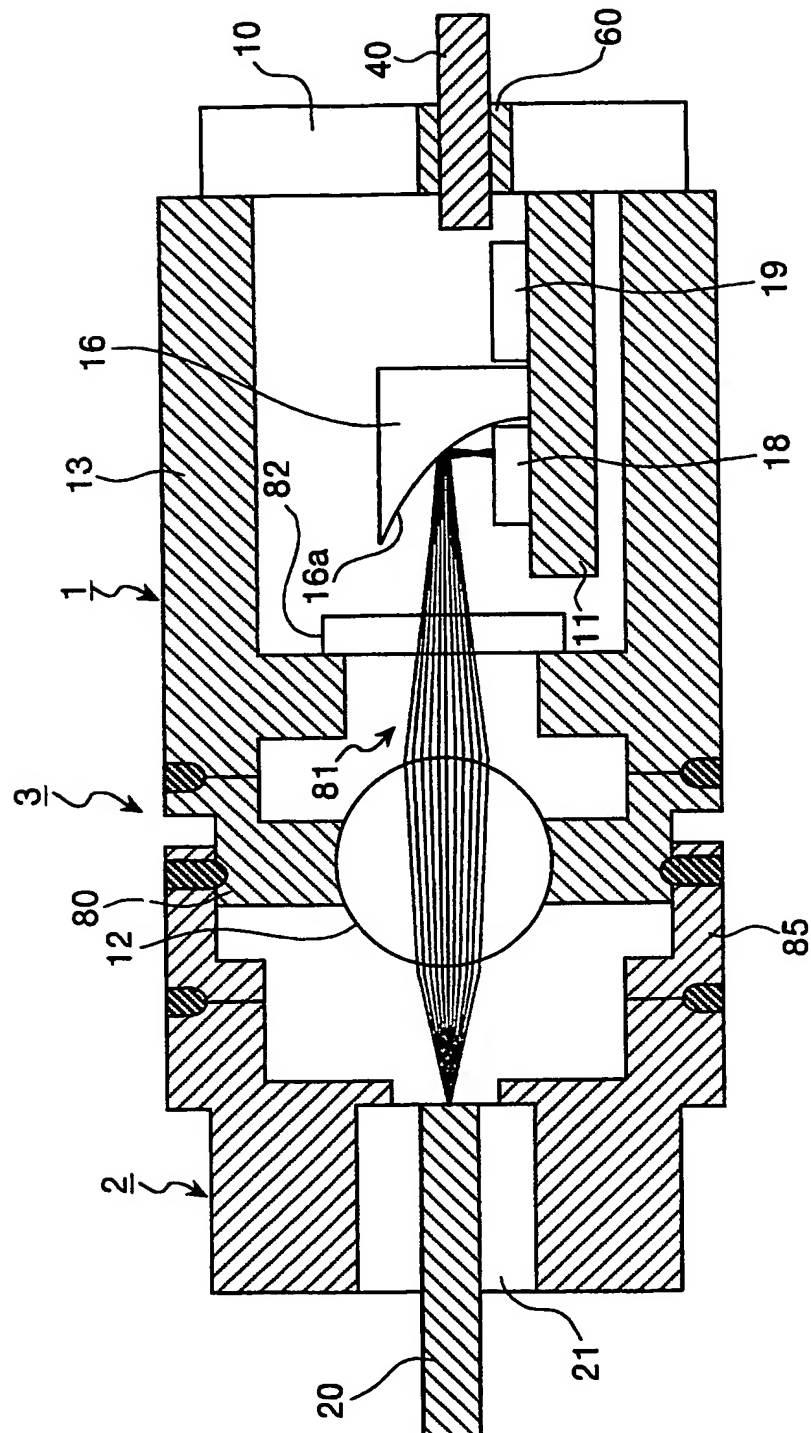
【図 12】



【図13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 像点位置の温度補償手段などの複雑な構造を必要としない簡単な構造で、かつ小型化が可能な受光素子モジュールを提供すること。

【解決手段】 本発明の受光素子モジュール3は、信号ピン40（モニタ信号ピン、電圧供給ピン）を貫通するステム10と、ステム10に対して垂直方向に固定される台座11と、光貫通孔を有し、ステム11に固定されるキャップ部材13と、光貫通孔に挿入され、光ファイバ20から射出される信号光を集光する球レンズ12と、台座11上に配され、球レンズ12で集光された信号光を略直角に屈曲させて反射する放物面鏡16と、台座11上に配され、放物面鏡16で反射された信号光を受光して電気信号に変換する受光素子18と、台座11上に受光素子18と近接して配され、受光素子18で変換された電気信号を増幅するトランスインピーダンスアンプ19等を備えている。

【選択図】 図2

特願 2002-204781

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006013]

1. 変更年月日

1990年 8月24日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名

三菱電機株式会社